



---

# Samenstelling van blad, stengel en rhizomen in relatie tot optimaal oogst-tijdstip van *Miscanthus x giganteus*

G.J. Kasper, J.C. van der Kolk en J.C. van der Putten



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

---



---

# Samenstelling van blad, stengel en rhizomen in relatie tot optimaal oogst-tijdstip van *Miscanthus x giganteus*

## Auteurs

G.J. Kasper<sup>1</sup>

J.C. van der Kolk<sup>2</sup>

J.C. van der Putten<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Wageningen Livestock Research

<sup>2</sup> Wageningen Food & Biobased Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research, in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Kennisbasis onderzoek thema Biobased Economy, Maatschappelijke, economische issues en duurzame ketenontwikkeling  
Projectnummer: KB-13-005-015

Wageningen Livestock Research

Wageningen, april 2017

---

Rapport 1022

---

Kasper, G.J., J.C. van der Kolk, J.C. van der Putten, 2017. *Samenstelling blad, stengel en rhizomen in relatie tot optimaal oogsttijdstip van Miscanthus x giganteus*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1022

#### Samenvatting NL

Een aantal inhoudsstoffen (o.a. suikers, lignine, pectine) van *Miscanthus x giganteus* is onderzocht in stengel, blad en rhizomen voor de oogstmomenten juli en januari met het oog op het optimale oogstmoment. Aanvullend literatuuronderzoek toont aan dat eind oktober het optimale oogstmoment is op basis van maximale bovengrondse drogestof- en suikeropbrengst en drogestofopbrengst in het volgende jaar. Nagegaan zal moeten worden of dit optimale oogstmoment ook geldt bij langjarig onderzoek.

#### Summary UK

A plurality of components (such as sugars, lignin, pectin) of *Miscanthus x giganteus* has been studied in stem, leaf, and rhizomes for the harvest times July and January in view of the optimal harvest time. Additional literature search shows that the end of October is the optimum time for harvesting on the basis of the maximum above-ground dry matter yield and sugar yield, and dry matter yield in the next year. It will have to be investigated whether the optimal harvest time also applies to long-term research.

Dit rapport is gratis te downloaden op <http://dx.doi.org/10.18174/414498> of op [www.wur.nl/livestock-research](http://www.wur.nl/livestock-research) (onder Wageningen Livestock Research publicaties).

© 2017 Wageningen UR Livestock Research, Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, E [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl), [www.wur.nl/livestock-research](http://www.wur.nl/livestock-research). Wageningen Livestock Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op als onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

---

# Inhoud

## Table of Contents

<b>Inhoud</b>		<b>3</b>
<b>Woord vooraf</b>		<b>5</b>
<b>Samenvatting</b>		<b>7</b>
<b>Summary</b>		<b>9</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>11</b>
	1.1 Aanleiding	11
	1.2 Doelstelling	11
	1.3 Leeswijzer	12
<b>2</b>	<b>Methoden</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>15</b>
	3.1 Inhoudsstoffen	15
	3.2 Suikergehalten	16
	3.3 Lignine- en asgehalten	16
	3.4 Vergelijking analysecijfers	19
	3.5 Suikergehalten, –productie en pectineproductie	20
<b>4</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>23</b>
	4.1 Conclusies	23
	4.2 Aanbevelingen	23
<b>Literatuur</b>		<b>24</b>
<b>Bijlage</b>	<b>Inhoudsstoffen Miscanthus</b>	<b>26</b>

---

---

# Woord vooraf

*Miscanthus x giganteus* is een gewas met veel toepassingsmogelijkheden. Het is de vraag op welke wijze het gewas rendabel is te verbouwen. Met andere woorden, welke componenten uit het gewas zijn tot waarde te brengen zodat een rendabele business case ontstaat. Tot nu toe is vooral gekeken naar de oogstbare stengel. Inzicht in de toepassingsmogelijkheden wordt vergroot door te kijken naar ontsluitingsmethoden en inhoudsstoffen van het gehele gewas.

In dit onderzoek is niet alleen gekeken naar het oogstbare bovengrondse deel, maar ook naar het ondergrondse deel, de rhizomen. Verder is aandacht besteed aan twee oogstmomenten, één in de zomer en één in de winter. Verwacht wordt dat de gehalten aan inhoudsstoffen in deze periodes het meest van elkaar verschillen. Informatie over meer oogstmomenten werd verkregen uit literatuuronderzoek.

Het onderzoek is mogelijk gemaakt door financiering van het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Kennisbasisonderzoek thema Biobased Economy, Maatschappelijke, economische issues en duurzame ketenontwikkeling

Gerrit Kasper,  
projectleider





---

# Samenvatting

*Miscanthus x giganteus* is een energiegewas dat geschikt is voor veel doeleinden. In Noordwest-Europa geeft dit hybridegewas hoge opbrengsten. Voor veel toepassingen is het gewenst om te weten wat de chemische samenstelling is van de bovengrondse biomassa. De samenstelling van de rhizomen is in dit onderzoek meegenomen, omdat die mogelijk interessant kan zijn bij rotatie van *Miscanthus* in de akkerbouw, waarbij de rhizomen bij het beëindigen van de teelt benut kunnen worden. Het doel van dit project was te onderzoeken wat het aandeel lignine, C5- en C6-suikers en pectine van de stengel en het aandeel koolhydraten, lignine, C5- en C6-suikers en pectine van het blad en de rhizomen voor de oogstmomenten juli 2014 en januari 2015. Daarbij is m.b.v. literatuuronderzoek ook gekeken naar andere oogstmomenten met mogelijke gevolgen voor de geoogste hoeveelheid droge stof, het drogestofgehalte van het geoogste product, de wijze van bewaring en de gevolgen voor vervolgteelten.

Na de oogst zijn blad, stengel en rhizomen gescheiden en indien nodig van grond ontdaan, daarna gedroogd en vervolgens gemalen en geëxtraheerd in drie stappen om inhoudsstoffen te verwijderen, die de bepaling van cellulose, hemicellulose en lignine mogelijk kunnen verstoren, zoals bijvoorbeeld vetten. De suikersamenstelling, het uronzuur- en het ligninegehalte zijn bepaald na een tweetraps-zwavelzuurhydrolyse.

De resultaten van de twee oogstmomenten (juli en januari) laten zien dat glucose en xylose de hoogste aandelen in de droge stof van blad, stengel en rhizomen hebben, respectievelijk 30-45% en 10-18%. De overige vier monosacchariden hebben elk een aandeel van maximaal 3% in de droge stof. De januari-oogst levert in blad en stengel lagere glucosegehalten en hogere xylosegehalten dan de juli-oogst. Echter, de januari-oogst geeft in rhizomen juist hogere glucosegehalten en lagere xylosegehalten dan de juli-oogst. Het hogere glucosegehalte in rhizomen duidt op een hoger zetmeelgehalte in de rhizomen in januari, dat een goede indicator is voor het oogsten van de bovengrondse massa zonder opbrengstverliezen voor het daaropvolgende groeiseizoen. De indicator voorspelt voor de oktoberoogst een goede opbrengst in het jaar na de oogst, maar (nogal) lagere opbrengsten in het volgende jaar voor de juli- en augustusoogst. Naast het negatieve effect op de drogestofopbrengst van de juli-oogst in het volgende groeiseizoen, is ook de drogestofopbrengst aanzienlijk lager.

Eind oktober blijkt het optimale oogstmoment te zijn, door de maximaal te oogsten hoeveelheid droge stof (en daardoor ook suikers) en ook door het minimale verlies aan mineralen via het geoogste materiaal. De reden is dat het proces van reallocatie van mineralen en suikers (koolhydraten) van stengel en blad naar de rhizomen is voltooid. Dit betekent dat bij de oktoberoogst een relatief geringe (kunst)mestgift van 80 of 140 kg/ha voor het volgende groeiseizoen voldoende is om verzekerd te zijn van een normale oogst in het volgende groeiseizoen. Het kaliumgehalte in het geoogste product is ook een goede indicator in hoeverre mineralen en koolhydraten zijn getransporteerd naar de rhizomen. Echter, eind oktober als oogstmoment kan problemen geven door de minder goede weers- en bodemomstandigheden. Er wordt daarom naar variëteiten gezocht die eerder afrijpen en daarmee ook het transport van mineralen en suikers eerder starten. Een kanttekening bij de oktoberoogst (45% droge stof) is dat het eerst gedroogd of ingekuuld moet worden om het te kunnen bewaren. Hoewel rhizomen hoge suikerhoeveelheden bevatten is het oogsten van rhizomen van *Miscanthus x giganteus* beperkt tot de duur van een gemiddelde teeltperiode, eens in de 20 jaar. De variëteit *Miscanthus sinensis* geeft met zijn kortere teeltperiode van 5 – 10 jaar meer mogelijkheden voor benutting van suikers uit rhizomen. Het pectineproductie is alleen onderzocht voor juli en januari. Het levert respectievelijk 136 en 227 kg ds/ha op uit de bovengrondse oogst.

---

De conclusie luidt dat ondanks de huidige praktijk, waarbij miscanthus in de vroege lente (maart/april) geoogst wordt, het zinvol kan zijn in de late herfst (eind oktober/november) te oogsten. De opbrengst aan droge stof en totaalsuikers is dan ca. 40% hoger. Aanvullend onderzoek zal uitsluitsel moeten geven of late herfstoogsten ook op lange termijn hoge opbrengsten blijven geven. Daarnaast is onderzoek naar miscanthusvariëteiten gewenst met het oog op een kortere teeltperiode, maar ook voor het eerder afrijpen in de herfst, omdat dan doorgaans onder betere klimaat- en bodemomstandigheden kan worden geoogst.

---

# Summary

*Miscanthus x giganteus* is an energy crop that is suitable for many purposes. In Northwest Europe this hybrid crop gives high yields. For many applications it is desirable to know the chemical composition of the aboveground biomass. The composition of the rhizomes is included in this study, because that could possibly be of interest upon rotation of miscanthus in arable farming, wherein the rhizomes may be used at the end of the cultivation.

The aim of this project was to investigate the proportion of lignin, C5 and C6 sugars and pectin of the stem and the proportion of carbohydrates, lignin, C5 and C6 sugars and pectin of the leaf and the rhizomes for harvest times in July 2014 and January 2015. Other harvest times with possible consequences for the volumes of dry matter, the dry matter content of the harvested product, the method of preservation and the harvest in the next years were also considered, using literature.

After the harvest, leaf, stem and rhizomes were separated and, if necessary, were cleaned from soil, then dried and then grinded and extracted in three steps in order to remove constituents which may be interfering with the determination of cellulose, hemicellulose and lignin, such as fats. The proportions of sugars, uronic acids and lignins were determined after a two-stage sulfuric acid hydrolysis.

The results show that glucose and xylose have the highest shares in the dry matter of leaf, stem and rhizomes harvesting two times (July and January), respectively 30-45% and 10-18%. The other four monosaccharides each have a share of up to 3% of dry matter. The January harvest yields lower glucose contents and higher xylose contents in leaf and stem than the July harvest. However, the rhizomes of the January harvest give higher glucose contents and lower xylose contents than the rhizomes of the July harvest. The higher glucose content in rhizomes indicates a higher starch content in the rhizomes in January, which is a good indicator for harvesting the aboveground mass without yield losses for the next growing season. The indicator also predicts a good yield in the next year after the October harvest, but (rather) lower revenues in the next year after harvests in July and August. Except the negative effect on the dry matter yield in the next growing season, also the dry matter yield of the July harvest is significantly lower.

The end of October appears to be the optimal harvest moment, due to the maximum amount of dry matter to be harvested (and thereby also sugars), but also because of the minimum loss of minerals from the harvested material. The reason is that the process of reallocation of minerals and sugars (carbohydrates) from stem and leaf to the rhizomes has been finished. This means that at the October harvest a relatively low (artificial) fertilizer dosage of 80 or 140 kg/ha for the next growing season is sufficient to ensure a normal harvest in the next growing season. The potassium content in the harvested product is also a good indicator of how minerals and carbohydrates are transported to the rhizomes. However, harvesting late October can cause problems with the poorer weather and soil conditions. Therefore, varieties should be identified which ripening earlier and thus earlier start the transport of minerals and sugars. A side note at the October harvest (45% dry matter) is that it should first be dried or ensiled in order to preserve it.

Although rhizomes contain high amounts of sugar, harvesting rhizomes of *Miscanthus x giganteus* is limited to the duration of an average cultivation period, once in the 20 years. The variety *Miscanthus sinensis*, with its shorter growing period of 5-10 years, gives more opportunities utilizing sugars from rhizomes. The production of pectin has been investigated only for July and January. It supplies, respectively 136 and 227 kg DM/ha from the above-ground harvest.

It can be concluded that despite the current practice of harvesting miscanthus in early spring (March / April), it may be useful to harvest in late autumn (late October / November). Then, yields of dry matter and total sugars are about 40% higher. Additional research must prove that late autumn harvests also maintain high yields in the long term. In addition, research to other varieties of miscanthus is desirable with a view to a shorter growing period and also to earlier ripening in the fall, because the chance of favorable weather and soil conditions is greater.



---

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

*Miscanthus x giganteus* (populaire naam: olifantsgras) is een meerjarig gewas en kan gemiddeld 20 jaar in productie blijven. Het is een steriel gewas en vormt dus geen zaden. Het kan daarom niet gezaaid worden. Rhizomen van het moedergewas worden gebruikt als plantmateriaal. Het wordt normaliter jaarlijks geoogst in maart of april. Het grootste deel van de bladeren ligt dan op de grond en doet dienst als bemesting voor het volgende groeiseizoen. De stengels worden geoogst - meestal gehakseld - en daarna meteen opgeslagen. Dit is mogelijk omdat het gewas dan tussen de 10 tot 15% vocht bevat. Verdere verwerkingsstappen kunnen zijn het maken van balen, pellets of briketten. Het voordeel is dat daarmee de dichtheid wordt verhoogd. *Miscanthus x giganteus* is een hybride die geschikt is voor Noordwest-Europa met een hoge opbrengst. Het enige nadeel is dat vermeerdering niet mogelijk is met zaden, waardoor er relatief hoge kosten moeten worden gemaakt door het rooien van rhizomen van het moedergewas (mechanisatie, arbeid, logistiek en bewaring). Met behulp van veredeling van de variant *Miscanthus sinensis* die fertiel is, komen potentiële varianten op de markt die goedkoper zijn bij het zaaien en de aanplant, waardoor ze beter passen in het teeltplan van de akkerbouwer. Momenteel wordt *Miscanthus x giganteus* benut als brandstof voor warmte-opwekking in de veehouderij (vleeskalver-, zeugen- en vleeskuikenhouderij). Ook kan het gebruikt worden als strooisel voor vleeskuikenhouderij, vrijloopstallen (melkvee) en maneges (paarden). Er is interesse vanuit diervoederspecialisten (strooisel voor kleine huisdieren), melkveehouders ("structuurbron" voor herkauwers) en bedrijven die willen experimenteren met dit gewas (b.v. grondstof voor beton). Tenslotte is er belangstelling vanuit het bedrijfsleven voor toepassing in composieten, biobrandstof (b.v. bio-ethanol) en kleding.

In de omgeving van Schiphol hebben drie akkerbouwers samen met Wageningen UR en de overheid (ministeries I&M en EZ) een Green Deal "Olifantsgras" gesloten in december 2011 [1]. Bij de Green Deal zijn twee doelstellingen geformuleerd: een keten van olifantsgras ontwikkelen voor het produceren van materialen en energie en een onaanvaardbaar landschap creëren voor ganzen om de vliegveiligheid rond Schiphol te verbeteren.

Om de business case van *Miscanthus* te ondersteunen is het goed om de samenstelling van olifantsgras als gehele plant –, stengel, blad en rhizomen – inclusief interessante inhoudsstoffen te onderzoeken, waarbij naast de oogst in januari ook een oogsttijdstip in de zomer is meegenomen. Te verwachten voordelen van een zomeroogst zijn dat groene biomassa beter geschikt is voor toepassing als co-product in mestvergisters dan de biomassa van een late winteroogst. Het kan ook zijn dat de suikersamenstelling en interessante inhoudsstoffen van de zomeroogst in positieve zin verschilt van die van de winteroogst. Een ander interessant aandachtspunt is de kortere rotatieperiode van *Miscanthus sinensis* die tegemoet komt aan het rotatieplan van akkerbouwers. De rotatieperiode kan korter zijn omdat de business case eerder positief is door de meer dan 70% lagere investering in aanplantkosten en de hogere opbrengst in de eerste 5 - 10 jaar t.o.v. *Miscanthus x giganteus* [2]. Na een rotatieperiode is het gewenst de ondergrondse biomassa mechanisch of chemisch te verkleinen of te vernietigen. Dit biedt mogelijkheden om aan het einde van een rotatieperiode de rhizomen van het gewas te oogsten en te verwaarden, waarbij kennis van koolhydraten in rhizomen gewenst is.

## 1.2 Doelstelling

Doel van dit onderzoek is de samenstelling van *Miscanthus x giganteus* te onderzoeken op het aandeel cellulose, hemicellulose en lignine inclusief uronzuren voor twee oogstmomenten (zomer en winter). Hierbij worden de onderdelen stengel, blad en rhizomen apart onderzocht.

---

## 1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de methodiek van oogsten, het drogen en schoonmaken van miscanthus. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten beschreven van de gehalten aan cellulose en hemicellulose, suikers, lignine, as en uronzuur. Voorts zijn de gehalten van monosacchariden en pectines vergeleken met de literatuur. Aandacht is gegeven aan de vullingsgraad van rhizomen met koolhydraten in relatie tot het meest geschikte oogstmoment van *Miscanthus x giganteus* en andere miscanthusvariëteiten. Conclusies en aanbevelingen zijn in hoofdstuk 4 weergegeven.

## 2 Methoden

Olifantsgras van drie jaar oud is op twee tijdstippen geoogst in een productieperceel van een akkerbouwer in Zevenhuizen (provincie Noord-Holland). De oogstmomenten waren juli 2014 en januari 2015 (na een korte vorstperiode). De stengels zijn op een bakkendroger gedurende 60 uur gedroogd met een luchtstroom van 30 °C. Daarna is het blad handmatig van de stengels gescheiden (afbeeldingen 1, 2 en 3).



**Afbeelding 1** Gedroogde stengels Olifantsgras van de eerste oogst (juli 2014).



**Afbeelding 2** Gedroogde bladeren van de eerste oogst (juli 2014).



**Afbeelding 3** Gedroogde rhizomen van de eerste oogst (juli 2014).

De rhizomen zijn ontdaan van alle grond en een klein gedeelte is verder verwerkt. De stengels zijn van de rhizomen gescheiden en door het onvolledig oogsten en de lagere drogestofopbrengst van de haarwortels (ongeveer 25% van de drogestofopbrengst van de rhizomen (Dohleman et al., 2012)) zijn deze haarwortels afgesneden. De rhizomen zijn vervolgens gedroogd bij 30 °C (figuur 3) en gemalen met een Retsch-molen op 0,5 mm. De gemalen monsters zijn met behulp van een accelerated solvent extractor, type ASE200 Dionex, achtereenvolgens geëxtraheerd met ethanol/tolueen (methode 1), ethanol (methode 2) en water (methode 3) volgens het protocol dat is weergegeven in tabel 1 [3]. De extractie in de eerste twee stappen (met ethanol en tolueen) verwijdert de wassen, vetten en harsen.

Hierbij is toluen vooral bedoeld om de apolaire componenten te verwijderen (vetten, wassen etc.), die anders de bepaling van lignine zouden kunnen verstoren. In de derde stap (met kokend water) zijn gom, tannines, vrije suikers en kleurstoffen verwijderd [4].

De suikers, de oplosbare/onoplosbare lignine en de uronzuren zijn bepaald na een tweetraps-zwavelzuurhydrolyse (1 uur 30 °C, 12 M zwavelzuur en 3 uur 100 °C, 1 M zwavelzuur) [5, 6]. De monomere suikers zijn chromatografisch bepaald met High-performance anion-exchange chromatography (= HPAEC) [7] met een pulse amperometrische detector op een CarboPac PA 1 kolom met als eluens een water-Natriumhydroxide gradient [8]. De onoplosbare lignine (Klason (KL) of Acid Insoluble Lignin (AIL)) is bepaald na filtratie, droging en weging van de Klasonlignine en de oplosbare lignine (Acid Soluble Lignin (ASL)) is spectrometrisch bepaald bij 205 nm [9, 10]. De uronzuren in het zwavelzuurhydrolysaat zijn spectrofotometrisch bepaald bij 525 nm [11]. Het asgehalte in het uitgangsmateriaal is bepaald bij 525 °C en 900 °C in een moffeloven [12].

**Tabel 1** Extractieschema voor *miscanthus*

Methode parameter	Dimensie	Methode		
		1	2	3
Preheat	minuten	0	0	0
Heat	minuten	5	5	5
Static	minuten	7	7	7
Flush	%	150	150	150
Purge	seconden	30	30	30
Cycles	#	3	3	3
Pressure	Psi	1500	1500	1500
Temperature	°C	100	100	100
Solvent A, ethanol	%	65	100	
Solvent B, toluene	%	35		
Solvent C, water	%			100

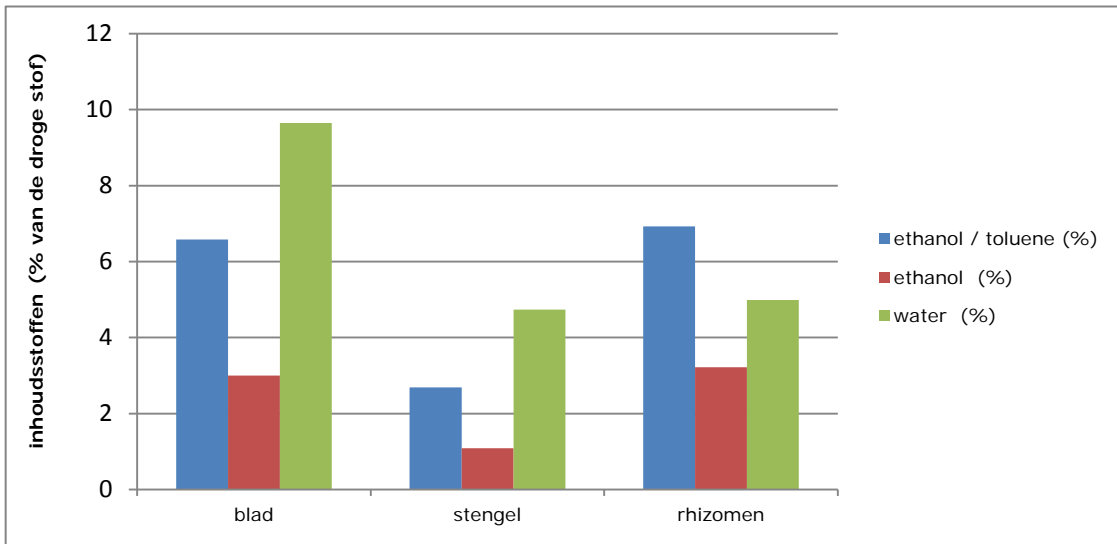
De gehalten van de geanalyseerde componenten zijn berekend op basis van de droge stof van het oorspronkelijke monster.



# 3 Resultaten

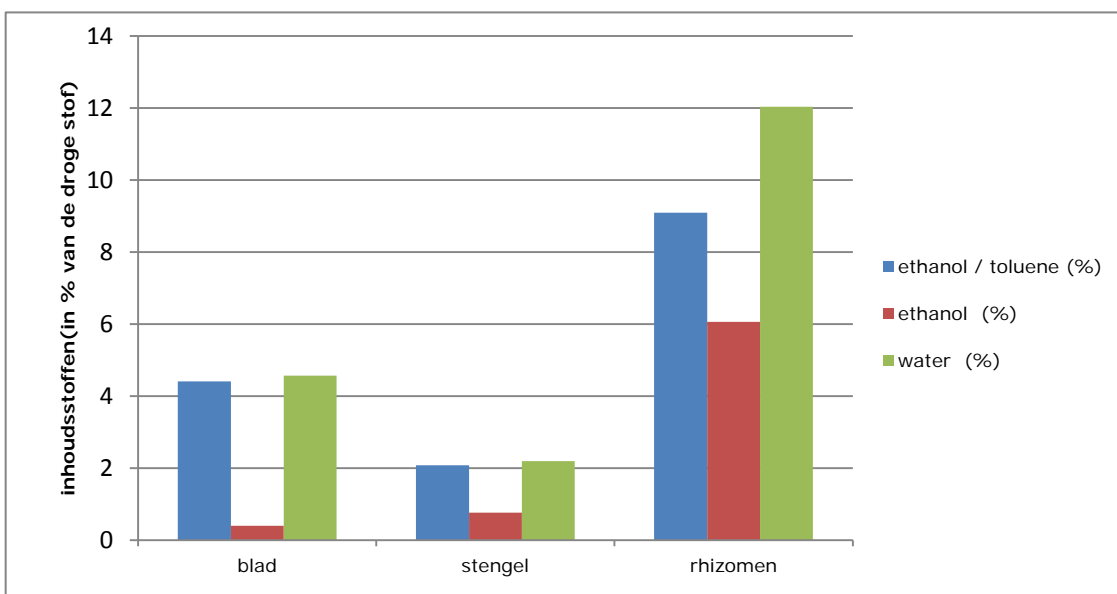
## 3.1 Inhoudsstoffen

De resultaten zijn weergegeven in de figuren 1 t/m 8 en in bijlage 1. In de figuren 1 en 2 en in de tabellen 1 en 5 van bijlage 1 zijn de gehalten aan inhoudsstoffen verkregen door extractie met de oplosmiddelen ethanol/toluene, ethanol en water weergegeven voor beide oogstmomenten in blad, stengel en rhizomen.



**Figuur 1** Gehalten aan inhoudsstoffen (vetachtige stoffen: gom, tannines, vrije suikers en kleurstoffen in % van de droge stof) in blad, stengel en rhizomen verkregen met toepassing van achtereenvolgens de oplosmiddelen toluene/ethanol, ethanol en water (juli 2014).

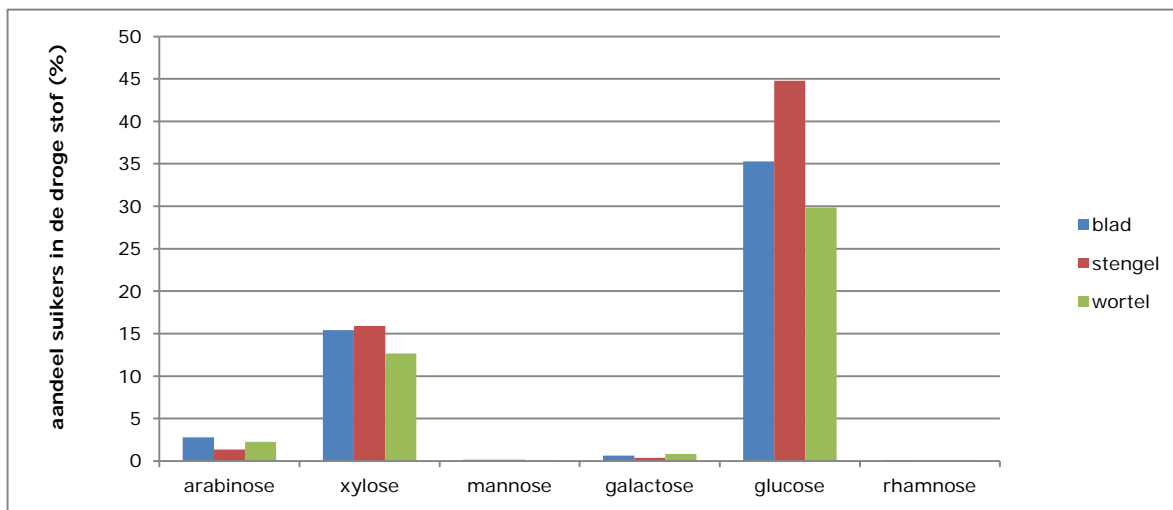
Er is bij de tweede oogst een toename gemeten aan inhoudsstoffen in de rhizomen, en een afname aan inhoudsstoffen in bladeren en stengels.



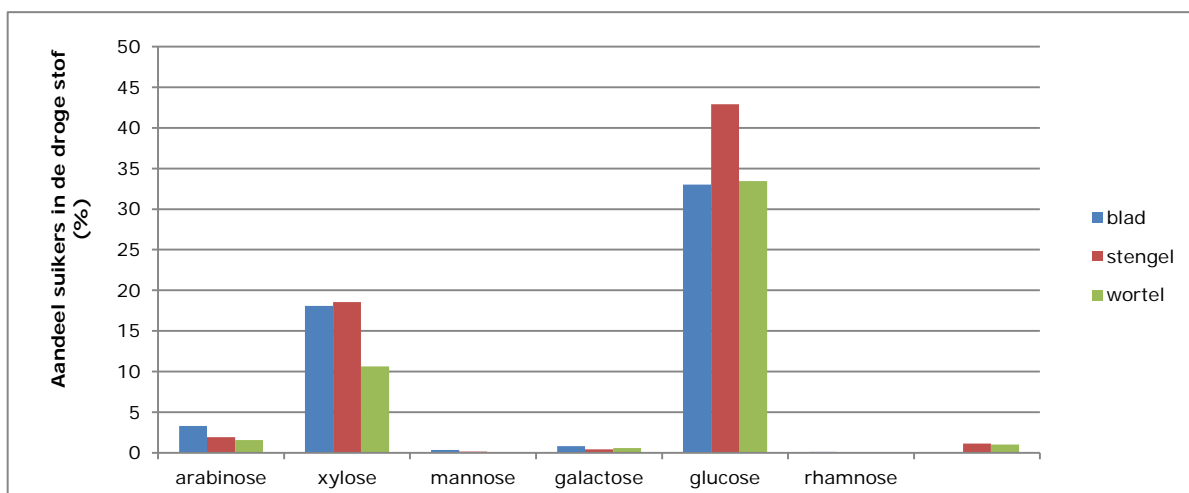
**Figuur 2** Gehalten aan inhoudsstoffen (vetachtige stoffen: gom, tannines, vrije suikers en kleurstoffen in % van de droge stof) in blad, stengel en rhizomen verkregen met toepassing van achtereenvolgens de oplosmiddelen toluene/ethanol, ethanol en water (januari 2015).

## 3.2 Suikergehalten

In de figuren 3 en 4 en de tabellen 2 en 6 van bijlage 1 zijn de suikersamenstelling in blad, stengel en wortel, vooral in rhizomen, weergegeven. Elke genoemde suiker is bepaald als percentage van het totale aandeel inhoudsstoffen in de plant. De polymere suikers arabinan, xylan, mannan, galactan, glucan en rhamnan (vermeld in de figuren 3 en 4) worden hierna arabinose, xylose, mannose, galactose, glucose en rhamnose genoemd.



**Figuur 3** Suikergehalten eerste oogsttijdstip (juli 2014).



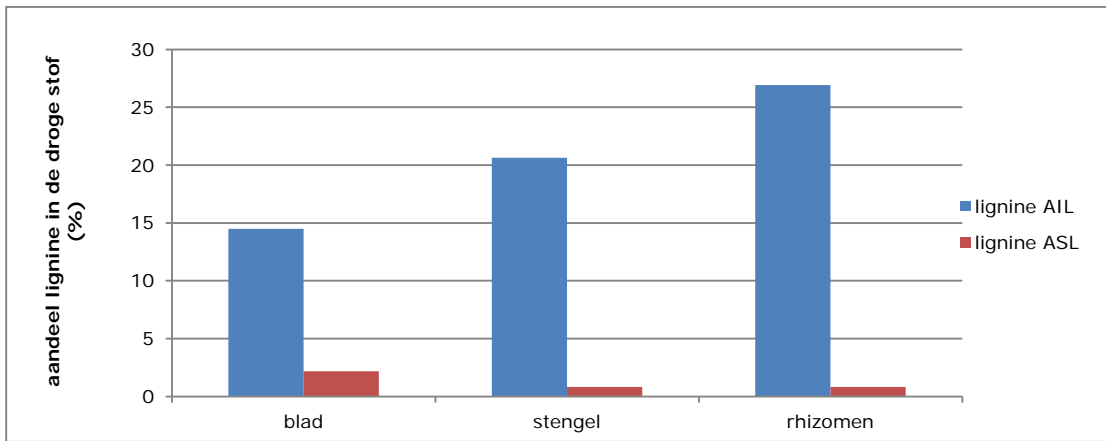
**Figuur 4** Suikergehalten tweede oogsttijdstip (januari 2015).

De xylosegehalten in blad en stengel zijn bij het tweede oogsttijdstip ca. 17% gestegen en het xylosegehalte in de wortel is 16% gedaald t.o.v. die van het eerste oogsttijdstip.

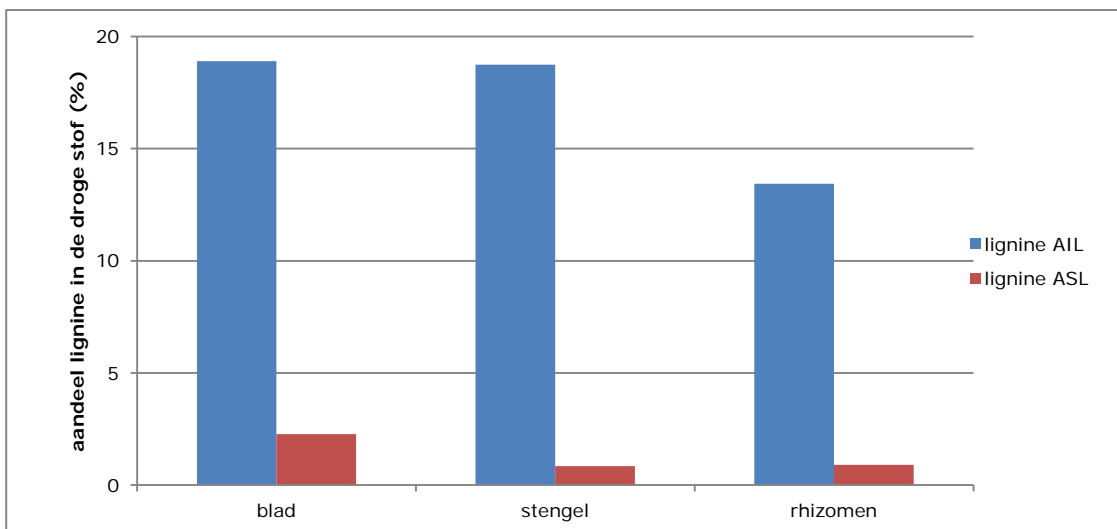
De glucosegehalten in blad en stengel zijn gedaald bij de tweede oogst met respectievelijk 7% en 4%, terwijl het glucosegehalte in de wortel is gestegen met 12%. Het glucose kan ook in de vorm van zetmeel aanwezig zijn als opslag in blad, maar vooral in rhizomen. Het zetmeelgehalte neemt toe in rhizomen met het rijpingsproces van de plant.

## 3.3 Lignine- en asgehalten

In de figuren 5 en 6 en in de tabellen 3 en 7 van bijlage 1 zijn de ligninegehalten in blad, stengel en rhizomen weergegeven. Het gaat om het onoplosbare deel (AIL) en het oplosbare deel (ASL) van lignine.



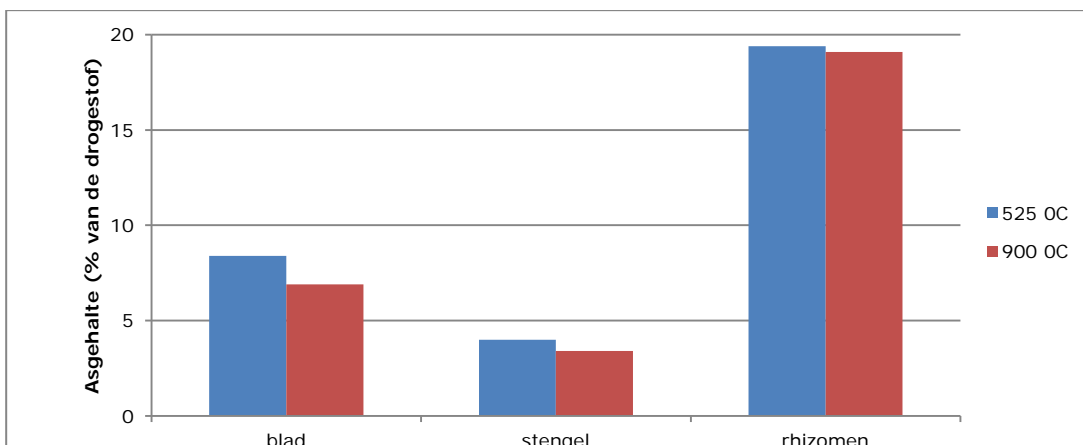
**Figuur 5** Ligninegehalten in blad, stengel en rhizomen (juli 2014).



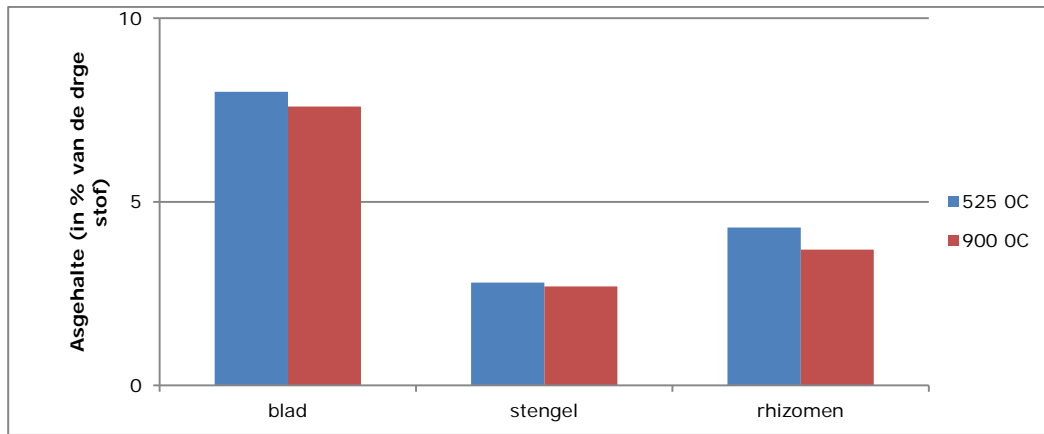
**Figuur 6** Ligninegehalten in blad, stengel en rhizomen (januari 2015)

In januari is het onoplosbare ligninegehalte (AIL) in het blad 30% hoger, maar in de stengel en wortel respectievelijk 9% en 50% lager dan in juli. Het oplosbare ligninegehalte (ASL) is per plantonderdeel erg stabiel. Voor het blad, de stengel en de rhizomen zijn de gehalten respectievelijk: 2,20%, 0,80% en 0,90% bij beide oogsttijdstoppen.

In de figuren 7 en 8 en de tabellen 4 en 8 van bijlage 1 zijn de asgehalten in blad, stengel en rhizomen weergegeven.



**Figuur 7** Asgehalten in blad, stengel en rhizomen (juli 2014).



**Figuur 8** Asgehalten in blad, stengel en rhizomen (januari 2015).

In januari zijn de asgehalten (bij 525 °C) in blad, stengel en rhizomen respectievelijk 5%, 30% en 78% lager dan in juni. De gehalten van stikstof, fosfor en kalium in blad en stengel zijn niet bepaald, maar zullen waarschijnlijk bij het eerste oogsttijdstip aanzienlijk hoger zijn dan bij het tweede oogsttijdstip door uitloging en allocatie naar de rhizomen tijdens de winterperiode [13, 14, 15].

Bij de tweede oogst (januari 2015) vertoonde het blad geen groene kleur meer (afbeelding 4).



**Afbeelding 4** Gedroogde bladeren van de tweede oogst (januari 2015).



**Afbeelding 5** Gedroogde stengels van de tweede oogst (januari 2015).



**Afbeelding 6** Gedroogde stengels van de eerste oogst (juli 2014).

De stengels van de oogst in januari 2015 zijn nog groen van kleur. Dit is een niet ongewoon verschijnsel. Vaak heeft de plant dan nog weinig geleden van de vorst. De pluimen aan de top van de stengel geven aan dat de plant gebloeid heeft in oktober/november.

### 3.4 Vergelijking analysecijfers

De analysecijfers van componenten uit het huidige onderzoek van de bovengrondse biomassa zijn vergeleken met Brosse et al., 2012 [16]. Hierbij is aangenomen dat de aandelen van blad en stengel uit het huidige onderzoek voor het oogstmoment juli respectievelijk 40% en 60% zijn naar analogie van het onderzoek van Van der Weijde et al., 2016 [17] en voor januari respectievelijk 18% en 82% naar analogie van het onderzoek van Amougou et al., 2010 [18]. Deze gegevens zijn meegewogen in de cijfers van het huidige onderzoek en weergegeven in tabel 2.

**Tabel 2** Chemische samenstelling van *Miscanthus x giganteus* van de bovengrondse biomassa.

Componenten		Percentage in droge stof			
		huidig onderzoek	huidig onderzoek	Brosse [16]	Brosse [16]
<b>Extractiemiddel</b>		juli 2014	januari 2015	late win- teroogst	voorjaars- oogst
As		4.0	3.5	0.8	2.0
Inhoudsstoffen	ethanol/tolueen	4.3	2.5	2.2	4.2
	ethanol	1.8	0.7	0.3	
	heet water	6.7	2.6	1.6	1.4
Lignine	zuur onoplosbaar	18.2	18.8	20.8	24.1
	zuur oplosbaar	1.4	1.1	0.9	0.9
<b>Type suiker</b>					
Poly-sacchariden	holocellulose*	62.6	64.0	76.5	62.5
	alpha-cellulose			50.9	
	β-cellulose			11.9	
	gamma-cellulose			10.6	
Mono-sacchariden	arabinose	1.9	2.2	1.1	1.8
	xylose	15.7	18.5	14.9	14.9
	galactose	0.5	0.5	0.3	0.4
	glucose	41.0	41.1	38.0	39.5
	uronzuur	1.4	1.0	1.2	1.8

\* berekend uit de som van de cellulose- en hemicellulosegehalten van alleen de stengel zoals berekend en weergegeven in tabel 4. De cellulose- en hemicellulosegehalten van het blad kunnen niet berekend worden, omdat glucose ook in de vorm van zetmeel in het blad kan voorkomen.

In tabel 2 valt op dat bij de juli-oogst meer oplosbare bestanddelen uit de plant vrijkomen. Verder zijn de xylose- en glucosegehalten hoger dan bij het onderzoek van Brosse et al., 2012 [16]. Opmerkelijk is het hogere gehalte holocellulose (= som van de gehalten cellulose en hemicellulose) van de late winteroogst [16] ten opzichte van die bij de andere onderzoeken. Brosse et al. (2012) citeren bij dit onderzoek Hodgson et al. (2011) [19]. In dit onderzoek is het holocellulosegehalte bepaald met de Van Soest methode [20], die hogere gehalten geeft voor cellulose, hemicellulose dan de in ons onderzoek gebruikte methode. Een verklaring kan zijn dat in de extractiefase van de ontsluitingsmethode van het huidige onderzoek al suikers vrijkomen en dan met name in de waterfase. De Van Soest methode wordt in de veevoeding veel toegepast, waarbij de Neutral detergent fibre (NDF), Acid detergent fibre (ADF), en Acid detergent lignin (ADL) van de celwand worden bepaald. Bij de voorjaarsoogst van miscanthus citeren Brosse et al. (2012) het onderzoek van de Vrije et al., 2002 [21], die als voorbehandeling de eenstaps-extrusie NaOH bij 70 °C gedurende 4 uur en daarna een enzymatische hydrolyse toepasten.

### 3.5 Suikergehalten, –productie en pectineproductie

Het procentuele aandeel van de som van de geanalyseerde zes suikers, namelijk arabinose, xylose, mannose, galactose, glucose en rhamnose in blad, stengel en rhizomen is bepaald, evenals de som van de drie suikers met de hoogste gehalten: arabinose, xylose en glucose (tabel 3).

**Tabel 3** Procentuele aandeel van de som van de zes geanalyseerde suikers (arabinose, xylose, mannose, galactose, glucose en rhamnose) en van de som van de drie suikers (arabinose, xylose en glucose) met de hoogste gehalten in de droge stof van het oorspronkelijke materiaal voor de twee oogsttijdstippen (juli 2014 en januari 2015).

Oogsttijdstip	Plantonderdeel	Som totaalsuikers (% ds in oorspr. materiaal)	Som drie suikers (% ds in oorspr. materiaal)
Juli 2014	blad	54.39	53.49
	stengel	62.65	62.06
	rhizomen	45.82	44.78
Januari 2015	blad	55.73	54.39
	stengel	64.09	63.41
	rhizomen	46.47	45.69

De som van de totaalsuikers in januari 2015 is voor blad, stengel en rhizomen respectievelijk 2,5%, 2,3% en 1,4% hoger dan de som van deze suikers in juli 2014. De som van de drie suikers is in januari 2015 ook hoger dan de som van deze suikers in juni 2014.

Het percentage glucose in miscanthus is voor de stengel gelijk te stellen aan het aandeel cellulose in miscanthus; een heel klein gedeelte van de glucose komt uit de hemicellulose. De som van de suikerpercentages arabinose, xylose, mannose, galactose voor de stengel vormt het aandeel hemicellulose (tabel 4) (Rabou et al., 2003). Bij het blad en de rhizomen is het aandeel glucose niet voor 100% gelijk te stellen aan het aandeel cellulose, omdat in blad en vooral in rhizomen ook zetmeel aanwezig is; zetmeel wordt bij een zwavelzuurhydrolyse ook tot glucose afgebroken.

De andere aandelen van inhoudsstoffen die in dit onderzoek bepaald zijn, zijn vermeld in tabel 4.

**Tabel 4** Aandeel (in % van de droge stof) van (hemi)cellulose, as, lignine, uronzuur, geëxtraheerde inhoudsstoffen in blad, stengel en rhizomen en de som hiervan voor de twee oogsttijdstippen van het huidige onderzoek.

Oogst- tijdstip	Plant- deel	Totaal- suikers	Cellu- lose	Hemi- cellu- lose	As	Lignine AIL	Lignine ASL	Uron- zuur	Inhouds- stoffen*	Som* *
in % van de droge stof										
Juli '14	blad	54.4			6.9	14.5	2.2	1.0	19.2	98.1
	stengel	62.7	44.8	17.8	3.4	20.6	0.8	1.5	8.5	97.4
	rhizoom	45.8			19.1	26.9	0.8	1.9	15.1	109.6
Jan '15	blad	55.7			7.6	18.9	2.3	0	9.4	93.8
	stengel	64.1	42.9	21.1	2.7	18.8	0.8	1.2	5.0	92.5
	rhizoom	46.5			3.7	13.4	0.9	1.1	27.2	92.7

\* geëxtraheerde inhoudsstoffen, verkregen door het plantendeel te extraheren

\*\* de som van de inhoudsstoffen van de stengel is exclusief de vermelde percentages in de kolommen cellulose en hemicellulose.

De som van de componenten is niet gelijk aan 100% (vaak lager), veroorzaakt door het ontbreken van niet-geanalyseerde inhoudsstoffen of door onnauwkeurigheid van de bepalingen. Bij de rhizomen in juli 2014 was de som hoger dan 100% (tabel 4). Mogelijk is het hoge asgehalte hiervan de oorzaak. De geëxtraheerde inhoudsstoffen in het blad in januari zijn meer dan 50% lager dan in juni. Arundale

et al. (2015)[22] noemen het lagere aandeel bladeren als verklaring van een lager aandeel geëxtraheerde inhoudsstoffen bij een latere oogst (oogst december t.o.v. oktober), waarbij bladeren en stengels niet gescheiden geoogst zijn. De cuticula (= waslaag) op de epidermiscellen van het blad vormt namelijk de grootste component van de inhoudsstoffen [22]. In het huidige onderzoek kan het lagere aandeel inhoudsstoffen van het blad niet het argument zijn, omdat blad en stengel apart geoogst zijn. Een logische verklaring voor het meer dan 50% lagere aandeel inhoudsstoffen in januari is dat het blad zodanig oud of zelfs afgestorven is, zodat de cuticula – die geproduceerd wordt door de epidermiscellen – (sterk) gereduceerd is. De ruim 40% reductie van geëxtraheerde inhoudsstoffen in de stengel (januari versus juli-oogst) geeft waarschijnlijk de lagere beschikbaarheid van vrije suikers in januari weer, die het gevolg is van het tot stilstand komen van de fotosynthese. Het bijna 100% hogere aandeel inhoudsstoffen in de rhizomen in januari ten opzichte van juli kan gerelateerd worden aan toename van oplosbare inhoudsstoffen, o.a. suikers en mineralen in de rhizomen die tijdens het groeiseizoen beschikbaar zijn gekomen. Dit verschijnsel komt overeen met het onderzoek van Amougou et al. (2011)[18]. Het lagere ligninegehalte van de rhizomen in januari ten opzichte van een oogsttijdstip in het groeiseizoen is ook geconstateerd door Amougou et al. (2011)[18]. Zowel de toename van de geëxtraheerde inhoudsstoffen als de afname van lignine in de rhizomen versterken elkaar en faciliteren het snel beschikbaar komen van oplosbare inhoudsstoffen voor een snelle start van het groeiseizoen in het voorjaar [23]. De januari-oogst laat ten opzichte van de juni-oogst een 50% lager ligninegehalte zien en een 80% hoger gehalte aan geëxtraheerde inhoudsstoffen in de rhizomen, hetgeen overeenkomt met uitkomsten uit eerder onderzoek [18].

### Productie totaalsuikers per hectare

In maart levert *Miscanthus x giganteus* een bovengrondse productie van 18 ton ds/ha/jaar in Nederland [13], waarbij de stengel voor 100% voor de biomassa zorgt; al het blad is afgevallen [24]. In de winterperiode – december tot half april – staat de groei van de plant stil en is de afbraak van de stengel te verwaarlozen. Dit betekent dat in januari de bovengrondse productie van alleen de stengel ook 18 ton ds/ha/jaar zal zijn. Omdat in januari het blad nog niet geheel is afgevallen en de verhouding stengel en blad dan 82% en 18% is [18], kan berekend worden dat de bovengrondse productie dan  $(100 + 18) / ((100 + 18) - 0,18 * 118) * 18 \text{ ton} = 21,95 \text{ ton ds/ha/jaar}$  is. Wanneer uitgegaan wordt van een bovengrondse januari-oogst van 22 ton ds/ha/jaar (afgerond) met de genoemde verhouding van stengel en blad en een ondergrondse productie die 90% van de bovengrondse productie [18] is, kan met behulp van tabel 3 berekend worden dat in januari 2015 de bovengrondse productie aan polymere suikers (koolhydraten) is  $(0,82 * 0,6409 + 0,18 * 0,5573) * 22 = 13,77 \text{ ton ds/ha/jaar}$ . De ondergrondse productie is dan  $0,90 * 22 * 0,4647 = 9,20 \text{ ton ds/ha/jaar}$ . Dit betekent dat de som van de boven- en ondergrondse suikerproductie 23 ton ds/ha/jaar is. De benutting van de ondergrondse biomassa (rhizomen) kan interessant zijn bij kortere teeltperiodes (b.v. 5 tot 10 jaar), waarbij aan het einde van deze periode ook de rhizomen geoogst worden. *Miscanthus sinensis* kent een kortere rotatieperiode die tegemoet komt aan het rotatieplan van akkerbouwers. De rotatieperiode van *Miscanthus sinensis* kan korter zijn omdat de business case eerder positief is door de meer dan 70% lagere investering in aanplantkosten en de hogere opbrengst in de eerste 5 - 10 jaar na aanplant t.o.v. *Miscanthus x giganteus* [2].

### Pectinegehalte en -productie

De pectinegehalten in blad, stengel en rhizomen tijdens de twee oogstmomenten zijn berekend uit de som van de gehalten rhamnose en uronzuur (tabel 5).

**Tabel 5** Gehalten rhamnose, uronzuur en pectine in blad, stengel en rhizomen (in % van de droge stof) bij de oogstmomenten juli 2014 en januari 2015.

Oogstmoment	Plantonderdeel	Rhamnose	Uronzuur	Pectine
		% in ds	% in ds	% in ds
juli 2014	blad	0.10	1.04	1.14
	stengel	0.06	1.51	1.57
	rhizomen	0.09	1.88	1.97
januari 2015	blad	0.13	0.04	0.17
	stengel	0.06	1.16	1.22
	rhizomen	0.06	1.05	1.11

---

De uronzuurgehalten zijn in de zomer (juli 2014) hoger dan in de winter. Omdat de rhamnosegehalten in zomer en winter laag zijn en onderling niet veel verschillen, betekent dit dat ook de pectinegehalten in de zomer het hoogst zijn en dat het pectinegehalte in de rhizomen in de zomer bijna tweemaal zo hoog is als in de winter. Bij een normale bovengrondse oogst in de winter (januari) van 22 ton ds/ha/jaar zal  $(0,82 \cdot 0,0122 + 0,18 \cdot 0,0017) \cdot 22 \text{ ton ds} = 227 \text{ kg ds pectine/ha/jaar}$  vrijgemaakt kunnen worden. Wordt hierbij ook nog de ondergrondse oogst opgeteld dan is de vrijgemaakte pectine  $(0,82 \cdot 0,0122 + 0,18 \cdot 0,0017 + 0,0111 \cdot 0,9) \cdot 22 \text{ ton ds} = 447 \text{ kg ds pectine/ha/jaar}$ . Van de pectine-opbrengst van de juli-oogst is een schatting te maken, uitgaand van een bovengrondse verdeling van 50% blad en 50% stengel en een drogestofopbrengst van 10 ton ds/ha/jaar [27]. De berekening is  $(0,5 \cdot 0,0114 + 0,5 \cdot 0,0157) \cdot 10 \text{ ton ds} = 136 \text{ kg ds pectine/ha/jaar}$ .

### Keuze oogstmoment

In dit onderzoek lag de nadruk op de inventarisatie van monosacchariden en uronzuur voor een oogsttijdstip in de zomer en één in de winter. Deze componenten zijn op de oogstmomenten juli en januari bepaald voor de bovengrondse (blad en stengel) en de ondergrondse biomassa (rhizomen). Daarnaast is ook het geogste volume per oogstmoment van belang. Bovendien moet rekening gehouden worden met de doorgroei van het meerjarige gewas na de oogst in hetzelfde seizoen en de hergroei in het daaropvolgende jaar. Bekend is dat het oogsten in het groeiseizoen (augustus) enorme groeireducties geeft in de groeiseizoenen erna [26]. Fritz et al., 2010 [26] schrijven dit toe aan het onttrekken van mineralen met de oogst die in de volgende groeiseizoenen niet beschikbaar zijn voor groei. Recent literatuuronderzoek geeft aan dat *Miscanthus* geteeld als co-product voor een mestvergister in juli aanzienlijk lagere drogestofopbrengsten geeft dan eind augustus, eind oktober of in de winter, respectievelijk 10 ton ds/ha/jaar versus 23, 26 en 18,7 ton ds/ha/jaar [27]. Daarnaast zijn ook de opbrengsten van de daaropvolgende teelt aanzienlijk lager voor de juli- en augustus oogsten [27].

Eind oktober is het optimale oogstmoment, enerzijds vanwege de maximale hoeveelheid droge stof en ook vanwege het minimale verlies aan mineralen via het geogste materiaal, door voltooiing van het proces van reallocatie van mineralen van stengel en blad naar de rhizomen [27]. Dit betekent dat bij de oogst eind oktober een relatief geringe (kunst)mestgift van 80 of 140 kg/ha voor het volgende groeiseizoen voldoende is om verzekerd te zijn van een goede groei in het volgende groeiseizoen. Daarnaast treedt ook een reallocatie van suikers (koolhydraten) van blad en stengel naar rhizomen op, waarbij de rhizomen gevuld worden met zetmeel [28]. Het zetmeelgehalte neemt toe met de afrijping (veroudering) van het gewas. Dit blijkt uit het hogere percentage inhoudsstoffen in rhizomen in januari ten opzichte van juli, resp. 27,2% en 15,1% (zie tabel 4). De start en de mate van reallocatie is afhankelijk van de variëteit *Miscanthus*. Daarom wordt gezocht naar variëteiten die eerder afrijpen dan *Miscanthus x giganteus* en daarmee ook eerder bloeien. De koolhydraten in deze variëteiten worden eerder vervoerd van stengel en blad naar rhizomen, waardoor de zetmeelvoorraad in de rhizomen eerder opnieuw gevuld is. Zulke variëteiten verdragen vroeger oogsten beter dan *Miscanthus x giganteus*. Het voordeel van genetische variatie in afrijping opent mogelijkheden om de oogstperiode van *Miscanthus* te verruimen waardoor onder ideale weers- en bodemomstandigheden geogst kan worden. Onderzoek van Kiesel et al. (2017) [27] toont dat het maximale kaliumgehalte in oktober een goede marker blijkt te zijn voor de mate van allocatie van nutriënten en koolhydraten van stengel en blad naar de rhizomen.

Voor de oogstmomenten juli en augustus is het zeker dat veel mineralen afgevoerd worden met het geogste product (stengel en blad) [23] en dat bij deze oogstmomenten een even grote N-gift als bij de oktoberoogst niet voldoet om het volgende groeiseizoen een 'normale' drogestofopbrengst te realiseren. Dit komt overeen met onderzoek van Purdey et al. (2015) [28], dat aangeeft dat oogsten vóór het tijdstip van optimale vulling van de rhizomen met zetmeel (de late herfst ofwel november) een negatief effect kan hebben op de plant.

Het drogestofgehalte is een ander aspect dat onderscheid kan maken bij de keuze van het oogstmoment. De drogestofgehalten in juli/augustus, eind oktober, januari en maart zijn respectievelijk 35%, 45%, 75% en 85%. De lagere drogestofgehalten van de biomassa in de periode juli tot november vereisen drogen of inkuilen. Voor toepassingen als co-product in mestvergisters is inkuilen geschikt. De hogere drogestofopbrengst in oktober – bijna 40% hoger dan de winteroogst [27] – zonder negatieve gevolgen voor de drogestofopbrengst in de jaren erna, opent mogelijkheden voor het oogsten in oktober i.p.v. de nu gebruikelijke winter- / lenteoogst.



---

## 4 Conclusies en aanbevelingen

### 4.1 Conclusies

Het onderzoek naar oogstmoment en suikergehalten in *Miscanthus x giganteus* levert de volgende conclusies op:

- Zowel in juli 2014 als in januari 2015 hebben glucose en xylose de hoogste aandelen in de droge stof van de onderzochte monosacchariden in blad, stengel en rhizomen, respectievelijk 30 - 45% en 10 - 18%. De overige vier monosacchariden hebben een aandeel van 3% of lager in de droge stof.
- Oogst in januari levert in blad en stengels resp. 7% en 4% lagere glucosegehalten en in rhizomen 12% hogere glucosegehalten dan in juli.
- Oogst in januari levert in blad en stengels 17% hogere xylosegehalten en in de rhizomen 16% lagere xylosegehalten dan in juli.
- De som van de totaalsuikers (koolhydraten) in januari 2015 is voor blad, stengel en rhizomen resp. 2,5%, 2,3% en 1,4% hoger dan in juli 2014.
- De juli-oogst heeft ten opzichte van de januari-oogst naast lagere gehalten aan totaalsuikers, ook lagere drogestofopbrengsten in het volgende groeiseizoen (10 versus 22 ton ds/ha), en lagere drogestofgehalten (35% vs 75%). Het laatste aspect maakt dat de geoogste biomassa in juli eerst gedroogd moet worden om het te kunnen bewaren. Nadeel van de juli-oogst ten opzichte van een winteroogst is dat de oogst van het daaropvolgende jaar, onafhankelijk van het oogstmoment, sterk verlaagd is.
- Berekend is dat oogsten in januari in Nederland ongeveer 22 ton ds/ha/jaar oplevert aan bovengrondse productie, hetgeen 13,8 ton ds/ha/jaar totaalsuikers geeft. Bij een ondergrondse oogst van rhizomen wordt 9,2 ton ds/ha/jaar totaalsuikers (koolhydraten) geproduceerd.
- De oktoberoogst levert een bijna 40% hogere bovengrondse drogestofopbrengst dan een winteroogst (februari –maart) door het grote aandeel niet-afgevallen blad. Het lagere drogestofgehalte van de oktoberoogst – 45% vs 85% – maakt het noodzakelijk om in te kuilen of te drogen.
- De oktoberoogst kan – na inkuilen – toegepast worden als co-product in mestvergisters, maar toepassing van suikers (koolhydraten) in andere sectoren is ook mogelijk. Het voordeel is dat, bij gelijke gehalten aan totaalsuikers als de januari-oogst, een oktoberoogst nagenoeg 40% hogere suikervolumes produceert.
- De suikers en zetmeel (koolhydraten) uit de ondergrondse biomassa (rhizomen, geen wortelharen) kunnen uiteraard alleen aan het einde van de teeltperiode benut worden. Bij normale teeltperiodes van 20 jaar voor *Miscanthus x giganteus* is dat eens in de 20 jaar. Bij *Miscanthus sinensis* kunnen rhizomen wellicht frequenter geoogst worden door de kortere teeltperiode van 5-10 jaar en een eerder sluitende business case. Hiervoor is nader onderzoek nodig naar het volume rhizomen.
- De berekende hoeveelheid pectine is bij oogsten van de bovengrondse massa in januari 227 kg ds/ha/jaar en 136 kg ds/ha/jaar in juli. Oogst van een ondergrondse massa levert in januari 220 kg ds/ha/jaar op.

### 4.2 Aanbevelingen

Aanvullend onderzoek zal uitsluitsel moeten geven of late herfstoogsten, die ca. 40% hogere opbrengsten leveren aan droge stof en suikers (koolhydraten) dan lente-oogsten, ook op lange termijn hoge opbrengsten blijven geven. Daarnaast is onderzoek naar miscanthusvariëteiten gewenst met het oog op een kortere teeltperiode, maar ook voor het eerder afrijpen in de herfst, omdat dan doorgaans onder betere klimaat- en bodemomstandigheden kan worden geoogst.

---

# Literatuur

1. <http://www.wageningenur.nl/nl/nieuws/Groeiende-belangstelling-Olifantsgras.htm>
2. Dolstra, O., 2017. Persoonlijke mededeling.
3. TAPPI method T264 om-82, 1982. Preparation of wood for chemical analysis.
4. Rabou, L.P.L.M. en S.J.J. Lips, 2003. Phyllis database uitbreiding met biochemische samenstelling ten behoeve van de productie van vloeibare en gasvormige brandstoffen. Rapport ECN-C-03-064.
5. Teunissen W., R.J.A. Gosselink and J.C. van der Kolk, 1993. Gecombineerde methode voor de analyse van lignine en suikersamenstelling van (hemi-) cellulose in hennep, ATO-DLO Rapport 381.
6. TAPPI method T 249 cm-85, 1985. Carbohydrate composition of extractive free wood and wood pulp by gas-liquid chromatography.
7. Corradini, A., A. Cavazza and C. Bignardi, 2012. High-Performance Anion-Exchange Chromatography Coupled with Pulsed Electrochemical Detection as a Powerful Tool to Evaluate Carbohydrates of Food Interest: Principles and Applications. International Journal of Carbohydrate Chemistry Volume 2012 (2012), Article ID 487564, 13 pages.
8. Stolle-Smits, T., J.G. Beekhuizen, K. Recourt, A.G.J. Voragen and C. Van Dijk, 1997. Changes in Pectic and Hemicellulose Polymers of Green Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during Industrial Processing, J. Agric. Food Chem. 45, 4790-4799.
9. TAPPI method T 222 om-83, 1983. Acid-insoluble lignin in wood and pulp.
10. TAPPI useful method UM250, 1983. Acid-soluble lignin in wood and pulp.
11. Blumenkrantz N. and G. Asboe-Hanssen, 1973. New method for quantitative determination of uronic acids. Analytical Biochemistry 54, 484-489.
12. TAPPI method T 211 om-85, 1985. Ash in wood and pulp.
13. Anonymus, 2001. Teelt van *Miscanthus* als biomassa voor energiedoeleinden. PPO-projectrapport nr 1151708.
14. Kasper, G.J., 2010. Praktijkonderzoek *Miscanthus*teelt voor energie. Rapport 433, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, 13 pp.
15. Ligeró, P., J.C. van der Kolk, A. de Vega, J.E.G. van Dam, 2011. Production of xylo-oligosaccharides from *Miscanthus x giganteus* by autohydrolysis. BioResources 6 (4) 4417 - 4429.
16. Brosse, N., A. Dufour, X. Meng, Q. Sun and A. Ragouskas, 2012. *Miscanthus*: a fast-growing crop for biofuels and chemicals production. Biofuels, Bioproducts and Biorefinery 6 (5), 580-598.
17. Van der Weijde, T., A. Kiesel, Y. Iqbal, H. Muylle, O. Dolstra, R.G.F. Visser, I. Lewandowski and L.M. Trindade, 2016. Evaluation of *Miscanthus sinensis* biomass as feedstock for conversion into different Bioenergy products, 2016. GCB Bioenergy (2016), doi: 10.1111/gcbb.12355.
18. Amougou, N., I. Bertrand, J-M. Machet and S. Recous, 2011. Quality and decomposition in soil of rhizome, root and senescent leaf from *Miscanthus x giganteus* as affected by harvest date and N fertilization, Plant Soil (2011) 338:83–97.
19. Hodgson, E.M., D.J. Nowakowski, I. Shield, A. Riche, A.V. Bridgwater, J.C. Clifton-Brown, I.S. Donnison, 2011. Variation in *Miscanthus* chemical composition and implications for conversion by pyrolysis and thermo-chemical bio-refining for fuels and chemicals. Bioresource Technology 102, 3411-3418.
20. Van Soest, P.J. and R.H. Wine, 1968. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. Journal of the Association of Official Analytical Chemists 51, 780.
21. De Vrije, T., G.G. de Haas, G.B. Tan, E.R.P. Keijsers and P.A.M. Claassen, 2002. Pretreatment of *Miscanthus* for hydrogen production by Thermotoga elfii. International Journal of Hydrogen Energy 27 (2002) 1381–1390.
22. Arundale, R.A., S. Bauer, F.B. Haffner, V.D. Mitchell, T.B. Voigt and S.P. Long, 2015. Environment has little effect on biomass biochemical composition of *Miscanthus x giganteus* across soil types, nitrogen fertilization, and times of harvest. Bioenerg. Res. (2015) 8:1636–1646.
23. Dohleman E.A., Heaton, R.A. Arundale and S.P. Long, 2012. Seasonal dynamics of above- and below-ground biomass and nitrogen partitioning in *Miscanthus x giganteus* and *Panicum virgatum* across three growing seasons GCB Bioenergy (2012) 4, 534–544.
24. Hodgson, E.M., R. Fahmi, N. Yates, T. Barraclough, I. Shield, G. Allison, A.V. Bridgwater, I.S. Donnison, 2010. *Miscanthus* as a feedstock for fast-pyrolysis: Does agronomic treatment affect quality? Bioresource Technology 101 (2010) 6185–6191.
25. Huijbregts, A.W.M. (2003) "Technical Quality Assessment of Sugar Beet in Europe", Proceedings 1st joint IIRB-ASSBT Congress, San Antonio, Texas, USA, pp. 451-459.

- 
26. Fritz, M. and B. Formowitz, 2010. Eignet sich Miscanthus als Biogassubstrat? Bayern Biogas Forum Nr. 1 – 9/2010.
  27. Kiesel, A. and I. Lewandowski, 2016. Miscanthus as biogas substrate – cutting tolerance and potential for anaerobic digestion. *Global Change Biology Bioenergy* Published by John Wiley & Sons Ltd., doi: 10.1111/gcbb.12330.
  28. Purdy, S.J., J. Cunniff, A.L. Maddison et al., 2015. Seasonal carbohydrate dynamics and climatic regulation of senescence in the perennial grass, Miscanthus. *BioEnergy Research*, 8, 28–41.

# Bijlage      Inhoudsstoffen Miscanthus

## Analyseresultaten

Chemische samenstelling Olifantsgras (= *Miscanthus x giganteus*) Schiphol 2014-2015 van de oogst eind juli 2014 (in percentages van de oorspronkelijke droge stof).

**Tabel 1**      Gehalten aan inhoudsstoffen (vetachtige stoffen: gom, tannines, vrije suikers en kleurstoffen in % van de droge stof) in blad, stengel en rhizomen voor elk plantendeel verkregen met toepassing van achtereenvolgens de oplosmiddelen toluen/ethanol, ethanol en water (juli 2014).

	Ethanol Toluene	Ethanol	Water	Totaal
	(%)	(%)	(%)	%
Blad	6.58	3.00	9.65	19.23
Stengel	2.69	1.09	4.74	8.52
Rhizomen	6.93	3.22	4.99	15.14

**Tabel 2**      Monosacchariden in polymere vorm (in percentages van de oorspronkelijke droge stof).

	Arabinan	Xylan	Mannan	Galactan	Glucan	Rhamnan	Uronic
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Blad	2.78	15.41	0.15	0.65	35.30	0.10	1.04
Stengel	1.36	15.92	0.14	0.39	44.78	0.06	1.51
Rhizomen	2.24	12.68	0.12	0.83	29.86	0.09	1.88

**Tabel 3**      Oplosbare (ASL= Acid Soluble Lignin) en onoplosbare (AIL= Acid Insoluble Lignin) ligninegehalten (in percentages van de oorspronkelijke droge stof).

	Lignin	
	ASL	AIL
	(%)	(%)
Blad	2.17	14.50
Stengel	0.83	20.64
Rhizomen	0.83	26.92

**Tabel 4**      Asgehalte bepaald bij 525 °C en bij 900 °C (in percentages van de oorspronkelijke droge stof).

	As (%)	As (%)
	525 °C	900 °C
Blad	8.40	6.90
Stengel	4.00	3.40
Rhizomen	19.40	19.10

## Analyseresultaten

Chemische samenstelling Olifantsgras (= *Miscanthus x giganteus*) Schiphol 2014-2015 van de oogst januari 2015 (in percentages van de oorspronkelijke droge stof).

**Tabel 5** Gehalten aan inhoudsstoffen (vetachtige stoffen: gom, tannines, vrije suikers en kleurstoffen in % van de droge stof) in blad, stengel en rhizomen voor elk plantendeel verkregen met toepassing van achtereenvolgens de oplosmiddelen toluen/ethanol, ethanol en water (januari 2015).

	Ethanol/tolueen	Ethanol	Water	Totaal
	(%)	(%)	(%)	%
Blad	4.41	0.40	4.57	9.38
Stengel	2.08	0.76	2.19	5.03
Rhizomen	9.09	6.06	12.03	27.18

**Tabel 6** Monosacchariden in polymere vorm (in percentages van de oorspronkelijke droge stof).

	Arabinan	Xylan	Mannan	Galactan	Glucan	Rhamnan	Uronic
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Blad	3.32	18.07	0.35	0.86	33.00	0.13	0.04
Stengel	1.94	18.56	0.18	0.44	42.90	0.06	1.16
Rhizomen	1.60	10.65	0.10	0.62	33.40	0.06	1.05

**Tabel 7** Oplosbare (ASL= Acid Soluble Lignin) en onoplosbare (AIL= Acid Insoluble Lignin) ligninegehalten (in percentages van de oorspronkelijke droge stof).

	Lignin	
	ASL	AIL
	(%)	(%)
Blad	2.28	18.90
Stengel	0.84	18.75
Rhizomen	0.90	13.44

**Tabel 8** Asgehalte bepaald bij 525 °C en bij 900 °C (in percentages van de oorspronkelijke droge stof).

	As (%)	As (%)
	525 °C	900 °C
Blad	8.0	7.6
Stengel	2.8	2.7
Rhizomen	4.3	3.7

---

To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



---

Wageningen Livestock Research  
Postbus 338  
6700 AH Wageningen  
T 0317 48 39 53  
E [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl)  
[www.wur.nl/livestock-research](http://www.wur.nl/livestock-research)

---

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

